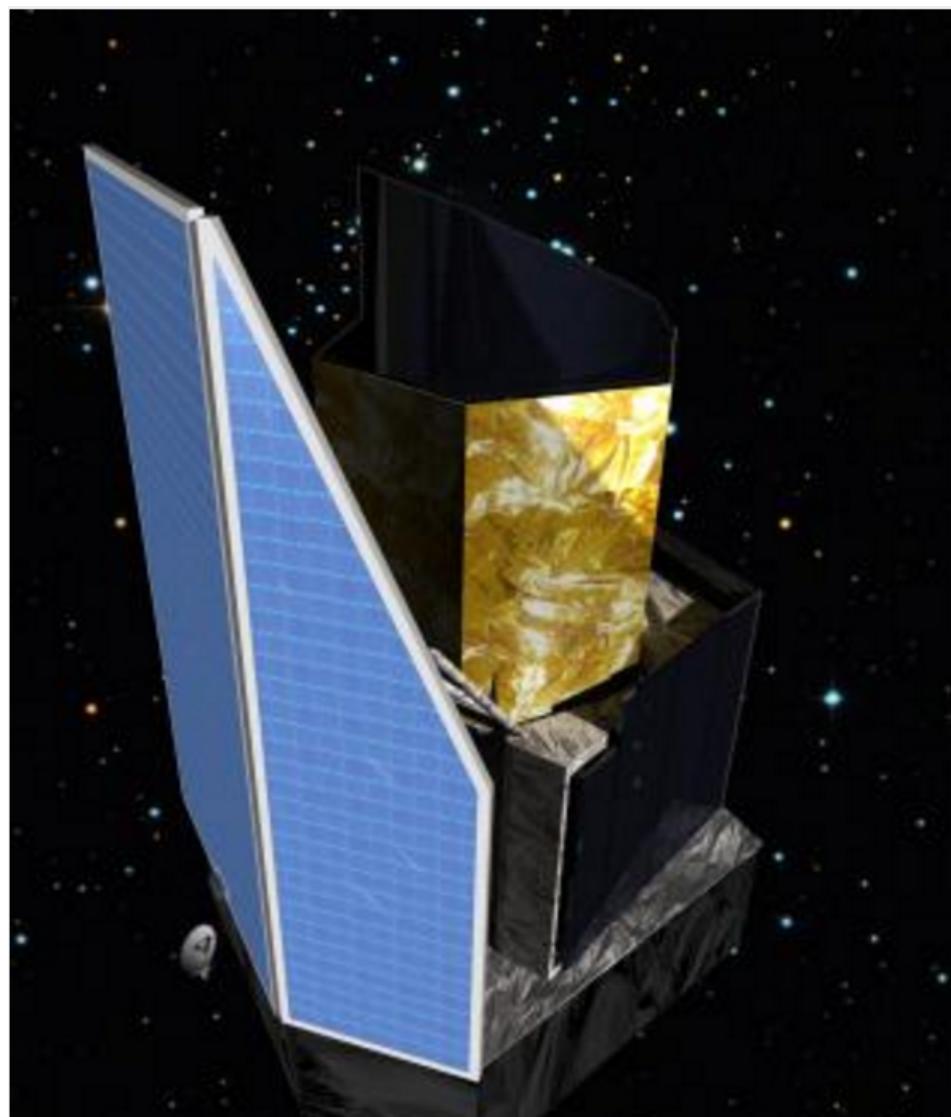


# Projet Euclid: Rapport final de mission

Meric Kucukbas et Raouf Amara

14 décembre 2015

“La théorie, c'est quand on sait tout et que rien ne fonctionne. La pratique, c'est quand tout fonctionne et que personne ne sait pourquoi. Ici, nous avons réuni théorie et pratique :Rien ne fonctionne... et personne ne sait pourquoi !” ***Albert Einstein***



# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
1.1	Introduction Générale . . . . .	3
1.2	Compréhension actuelle de l'Univers . . . . .	4
1.2.1	Energie Noire dynamique? . . . . .	6
1.2.2	Repenser la théorie de la relativité générale . . . . .	7
1.2.3	Matière Noire . . . . .	7
1.2.4	Conditions initiales de l'Univers . . . . .	8
<b>2</b>	<b>La Mission Euclid</b>	<b>9</b>
2.1	Euclid Consortium : une grande collaboration scientifique . . . . .	9
2.1.1	Quelques aspects techniques . . . . .	10
2.1.2	Quelques chiffres à ne pas oublier . . . . .	10
2.2	Déroulement de la mission . . . . .	11
2.2.1	Calendrier des évènements . . . . .	11
2.2.2	Orbite d'observation . . . . .	11
2.3	Buts de la mission . . . . .	12
2.3.1	Cartographier l'Univers . . . . .	12
2.3.2	Améliorer la précision des constantes . . . . .	15
2.4	Appareillage de la charge utile . . . . .	16
2.4.1	NISP : Near IR Spectrometer and imaging Photometer . . . . .	17
2.4.2	VIS : Visible Imaging Channel . . . . .	18
2.5	Nécessité d'une mission spatiale pour Euclid . . . . .	19
2.6	Conclusion . . . . .	19

# **Chapitre 1**

## **Introduction**

### **1.1 Introduction Générale**

Il est de rigueur depuis quelques décennies pour l'humanité de concevoir des chefs-d'oeuvres techniques permettant à celle-ci de se surpasser, de quitter l'horizon si étroit que nous offre la Terre. Nous, êtres insignifiants que nous sommes, arrivons néanmoins à rivaliser avec la grandeur de l'univers qui nous entoure en perséverant dans la compréhension et la représentation que l'on se fait de cette dernière. La mission Euclid est l'une de ses innombrables percées qui nous permettra de combler le gouffre béant qui existe entre la représentation théorique et l'observation pratique de notre Univers par les techniques actuelles.

Notre Univers, est, comme vous le savez par de nombreuses tentatives de vulgarisation, composée de 5% de matière ordinaire, c'est à dire vous chers lecteurs, le nuage et les décorations de Noël que vous apercevez par la fenêtre ... Le reste se répartit improprement entre 2 aspects mystérieux de la matière avec l'une que l'on nomme matière Noire qui compose 20 % de la matière (in)connue et l'autre qui est sous forme d'énergie Noire à 75%. Mais quelles sont donc l'importance de ces 2 formes inconnues de matière et ses implications dans la représentation que l'on peut s'en faire de l'Univers actuel ?

A vrai dire, ces 2 formes de matières, pour le moins inconnue, sont d'une gravité cruciale dans la connaissance que l'on a de ce Tout qui semble être Rien. On admet que la matière Noire attire, tout comme la matière ordinaire par gravité, sans toutefois émettre ou absorber de la lumière, tandis que l'autre forme Noire à savoir l'énergie est responsable de l'expansion de l'Univers tout entier. Ainsi, force est de constater que l'humanité, malgré ses prouesses dans la compréhension de l'Univers, ne comprend véritablement que 5% (et encore) de ce dont il est constitué, c'est pourquoi a été lancée le Projet Euclid.

## 1.2 Compréhension actuelle de l'Univers

Jusque dans les années 30, nous pensions que notre univers se restreignait aux limites de notre galaxie. Avec l'arrivée d'Edwin Hubble est intervenu, l'explosion des distances et notamment celle de notre univers dont la taille et par conséquent l'âge (d'après la relativité restreinte) est estimée 13.8 Milliards d'années lumière/ Milliards d'années. De plus, Edwin Hubble avait observé par le biais de l'effet Doppler-Fizeau, par mesure du décalage spectral  $z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$  que les diverses galaxies récemment découvertes s'éloignaient les unes des autres et qu'en plus de s'éloigner, elles s'éloignent de plus en plus vite au fur et à mesure que la distance entre elles augmentent. Il en déduit donc la loi éponyme qui s'écrit de cette façon :

$$cz = H_0 d$$

où  $cz$  est la vitesse de la galaxie qui dépend du décalage spectral par effet Doppler-Fizeau,

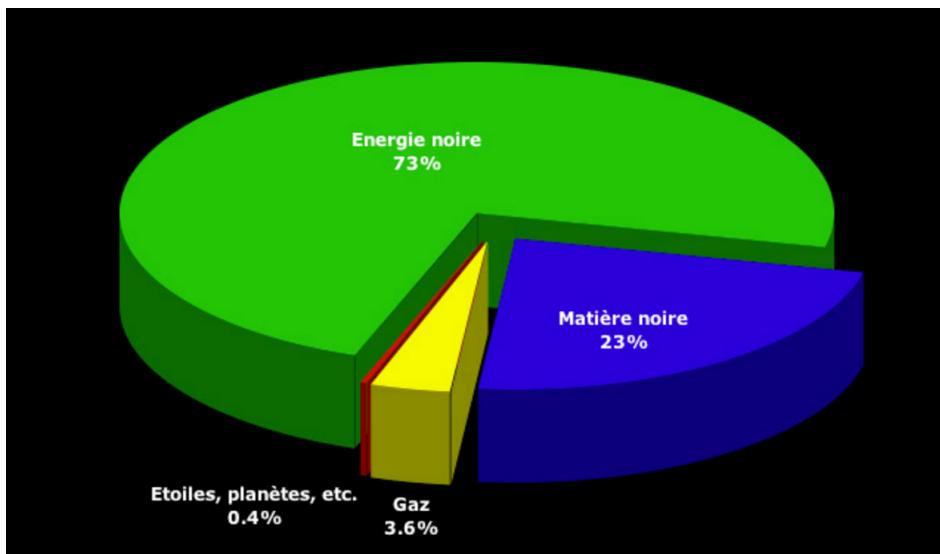
$H_0$  est la constante de Hubble

$d$ , la distance intergalactique.

Cette équation si singulière laisse présager d'une expansion accélérée de l'univers qui était jusqu'alors statique, immuable, parfait. Inversement, l'abbé Georges Lemaître en poussant l'équation dans l'autre sens temporellement et en se basant sur ses connaissances, estimait que l'Univers pourrait être à son origine sous forme d'atome primitif : une particule infiniment dense et extraordinairement chaude se réduisant à la taille de l'atome ce qui a abouti à ce que l'on appelle communément aujourd'hui le **Big Bang**.

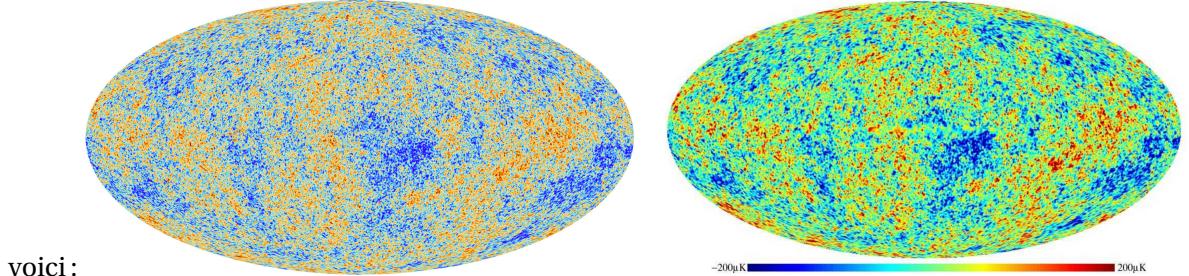
Cependant, à une période contemporaine de Hubble, Fritz Zwicky émet des doutes qui ne seront pas prises en compte par ses compaires quant à l'existence d'une autre forme de matière non-visible qui modifie la vitesse des astres au sein de certaines galaxies spirales comme le groupement de la *Chevelure de Bérénice*. En effet, en théorie, on peut se représenter les galaxies en spirale comme un CD qui tournerait sur un pivot. Les étoiles les plus distantes du centre galactique tournent plus vite que les étoiles proximales et au delà d'une vitesse critique, les étoiles distales doivent s'échapper de la galaxie. Zwicky, par ses observations, remarquent que malgré des vitesses incroyablement élevées, bien au delà de la vitesse critique, et bizarrement constante au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre, les galaxies restaient cohésifs et ainsi a avancé l'existence d'une matière "noire", représentant 90% de la masse totale de la galaxie observée et qui empêche cette dislocation.

Actuellement, il est admis l'existence de cette matière inconnue ainsi que de son homologue énergétique et la répartition de matière dans l'univers est la suivante :



A vrai dire, dans le cas de la caractérisation de la proportion de matière noire dans l'univers ou de son homologue énergie noire, rien n'a été fait quant à la détermination de sa nature, de sa répartition spatiale, et c'est pourquoi elle est caractérisée, à tort, faute de preuves convaincantes, de constante cosmologique.

Le Big Bang, un modèle très séduisant de l'origine de l'Univers, revient au centre des discussions et notamment par la cartographie primaire qu'il a été possible d'en réaliser dès ses premiers instants. En effet, le ***Cosmic Microwave Background*** ou ***Fond Diffus Cosmologique*** en Français se caractérise par la première lumière qui a été émise par l'univers à une période où s'étant trop dilué en énergie et en densité, les photons n'étaient plus soumis à l'interaction forte et ont pu s'échapper. A leur émission, l'univers "avait" une température de  $T = 3000K$ " et aujourd'hui, les rayons issus de cette "première" lumière se sont refroidies et ont une température de  $T = 3K$  que l'on a réussi à cartographier par le biais de diverses missions spatiales antérieures comme **Planck** et **WMAP** que



Les changements ou les variations de couleurs sur WMAP correspondent à des différences de températures de l'ordre du millionième de Kelvin et ainsi, à des différences de densité de matière au sein de notre univers et ce, dès ces débuts, ce qui nous laissent penser que l'univers était à sa naissance, presque homogène. Ceci paraît étonnant en réalisant une analogie avec notre époque où les galaxies s'organisent en de longs filaments et laissant de grands pans d'espace vide de toutes matières. Cela est vrai toutefois, a quel degré considérer ces ridicules fluctuations, qui, si elles sont négligées n'auraient pu nous permettre d'avoir l'univers que l'on a aujourd'hui, c'est à dire complètement hétérogène ?

L'organisation filamentaire des galaxies à grande échelle est l'effet de la gravité, *i.e* de la relativité générale. Cette théorie, émise par Einstein en 1915, a résisté jusqu'à nos jours en écrasant l'argumentation de la plupart de ces détracteurs, expliquant par exemple pour ne citer qu'elle, l'avance du périhélie de Mercure. Mais qu'advient cette théorie dans les grandes échelles cosmologiques ? Cette hypothétique matière noire et énergie noire, ne seraient elle pas une mauvaise compréhension de notre univers ? Il existe en effet des réfractaires à cette hypothétique matière noire, qui expliquerait l'existence de cette constante cosmologique par une mauvaise véhiculation des hypothèses de la théorie de la relativité générale. Ils suggèrent effectivement que les hypothèses selon lesquelles l'univers serait homogène et isotrope pourraient être fausses à de très grandes échelles.

Voici donc les différentes problématiques qui illustrent les recherches actuelles en cosmologie. En voici un résumé succinct :

### 1.2.1 Energie Noire dynamique ?

Est ce que l'énergie Noire est une constante cosmologique, tout comme le serait le champ de Higgs ou alors est ce un champ qui évoluent de façon dynamique avec l'expansion de l'Univers ?

## L'énergie Noire

La nature physique de l'énergie noire peut se caractériser par une relation entre sa pression  $p(a)$  et sa densité d'énergie  $\rho(a)c^2$  que l'on nomme équation d'état de l'énergie Noire :

$$w(a) = \frac{p(a)}{\rho(a)c^2}$$

où  $a = \frac{1}{1+z}$  est le facteur d'échelle de l'univers, c'est à dire la variation d'une distance quelconque au fur et à mesure que l'univers s'agrandit. Dans cette formulation,  $w(a) = -1$ , on parle d'énergie à pression négative, c'est à dire que si l'on considère une distribution spatiale de cette énergie, elle exercerait une sorte de gravité "répulsive". Si on détermine par le biais de mesures expérimentales une valeur différente de  $-1$  pour l'énergie noire, alors on pourrait dire de façon formelle que l'énergie noire est un champ dynamique avec l'expansion de l'univers et que par conséquent ce n'est pas une constante cosmologique comme on le presupposait auparavant.

### 1.2.2 Repenser la théorie de la relativité générale

Est ce que l'accélération de l'Univers s'explique par une mauvaise interprétation de la relativité générale sur les grandes échelles ou est ce une mauvaise véhiculation des hypothèses de base considérant l'Univers comme étant homogène et isotrope ?

### Alternative à la relativité générale : La gravité modifiée

Comme nous l'avons expliqué auparavant, il se pourrait que la théorie de la relativité générale succombe à un facteur d'échelle trop important de par ses hypothèses qui n'ont plus de sens (homogénéité et isotropie de l'univers). Il est possible de déterminer un écart par rapport à la théorie en se focalisant sur le taux d'expansion de la fluctuation de la matière dans l'univers qui est fonction du décalage spectral  $z$ . En effet, ce taux  $f(z)$  se calcule de la façon suivante :

$$f(z) = \Omega_m(z)^\gamma$$

où  $\gamma$  différent de 0.55 représente une discordance dans la théorie de la relativité générale aux grandes échelles.

### 1.2.3 Matière Noire

Qu'est ce que la matière Noire ? Se décline t-elle sous diverses formes ? Quelle est sa distribution spatiale ?

#### **1.2.4 Conditions initiales de l'Univers**

Comment expliquer ou aborder les fluctuations de densité très petites observables dans le CMB, qui ont permis la formations des très grandes structures de l'Univers actuel (Galaxies, Amas et superamas) ?

## **Chapitre 2**

# **La Mission Euclid**

La mission Euclid est le projet spatial à même de répondre, dans une grande mesure, à une grande majorité des problématiques cosmologiques suscitées. Par une très grande capacité de collecte de données et par une précision hors-norme, elle permet de réduire les erreurs statistiques qui interviennent dans toutes séries de mesures observationnelles, en conséquence de quoi, elle fera avancer de façon déterminante les discussions sur les problèmes que l'on a précédemment cité.

### **2.1 Euclid Consortium : une grande collaboration scientifique**

La mission Euclid est avant tout le fruit de la collaboration d'un consortium de physiciens cosmologistes de différentes nationalités.

Le consortium Euclid comprend environ 1100 membres issus de plus de 110 laboratoires et instituts européens et américains. Il est dirigé par l'Euclid Consortium Board (ECB), présidé par Yannick Mellier, de l'Institut d'Astrophysique de Paris.

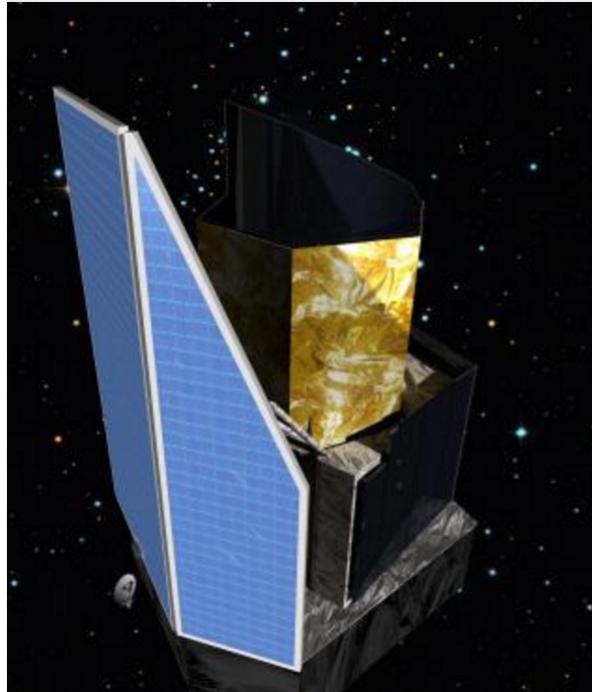
L'ESA est responsable de la mission. Le consortium Euclid est en charge de la fourniture à l'ESA des instruments et de la partie majeure du segment sol scientifique.

Le consortium Euclid est en charge :

- de la fourniture à l'ESA des deux instruments NISP et VIS (pour intégration sur le module charge utile par Astrium)
- du développement et des opérations du SGS, et de la livraison à l'ESA des produits scientifiques. Il développe notamment pour cela les algorithmes nécessaires

### **2.1.1 Quelques aspects techniques**

Caractéristiques du satellite :



- Masse au lancement = 2100 kg
- Dimensions : 4.5m de haut et 3.1m de diamètre
- Durée de mission : 6 ans
- Charge utile : Module NISP et VIS
- Télescope : type Korsch, miroir sphérique de 1.2m de diamètre dont la focale vaut 24.5m
- Lanceur Soyuz 2-1b

### **2.1.2 Quelques chiffres à ne pas oublier**

- Coût de la mission : 500 000 000 €
- Début du projet : Mars 2007
- : Fin estimé : 2025

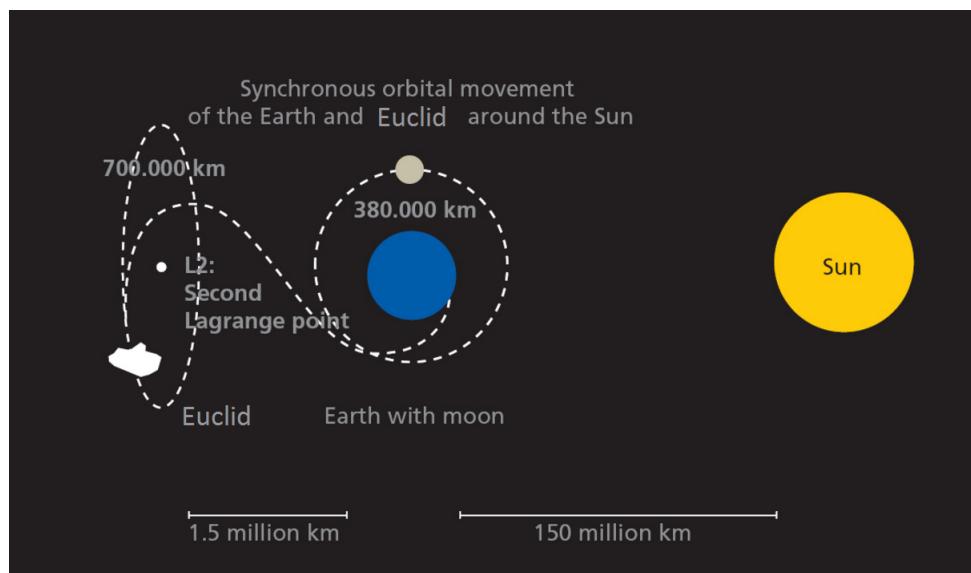
## 2.2 Déroulement de la mission

### 2.2.1 Calendrier des évènements

- Mars 2007 : Proposition, appel d'offre pour la mission DUNE (Dark Universe Explorer)
- Octobre 2007 : Validation de la phase de pré-recherche pour Euclid
- Novembre 2007-Mars 2008 : Phase de pré-évaluation interne de l'ESA commence pour Euclid
- Octobre 2008- Aout 2009 : Evaluation des instruments suscitant l'intérêt pour la charge utile de la mission Euclid
- Décembre 2009 : Présentation de la mission Euclid à la communauté scientifique
- 2010 : Approfondissement de la mission Euclid : une phase de définition plus détaillée pendant laquelle le barème des coûts et la mise en œuvre de la mission doit être mis en place en parallèle avec Solar Orbiter.
- Juin 2012 : Validation de la mission par le comité de programme scientifique.

### 2.2.2 Orbite d'observation

Après lancement de la base de Kourou en Guyane Française, il y aura une phase de 30 jours à Euclid pour atteindre le point de Lagrange L2 en effectuant une orbite de Lissajoux.



Ensuite, le satellite effectuera une correction de trajectoire en déterminant les

anomalies dans le décalage spectral de certaines galaxies afin de se placer sur une orbite quasi circulaire autour du point L2.

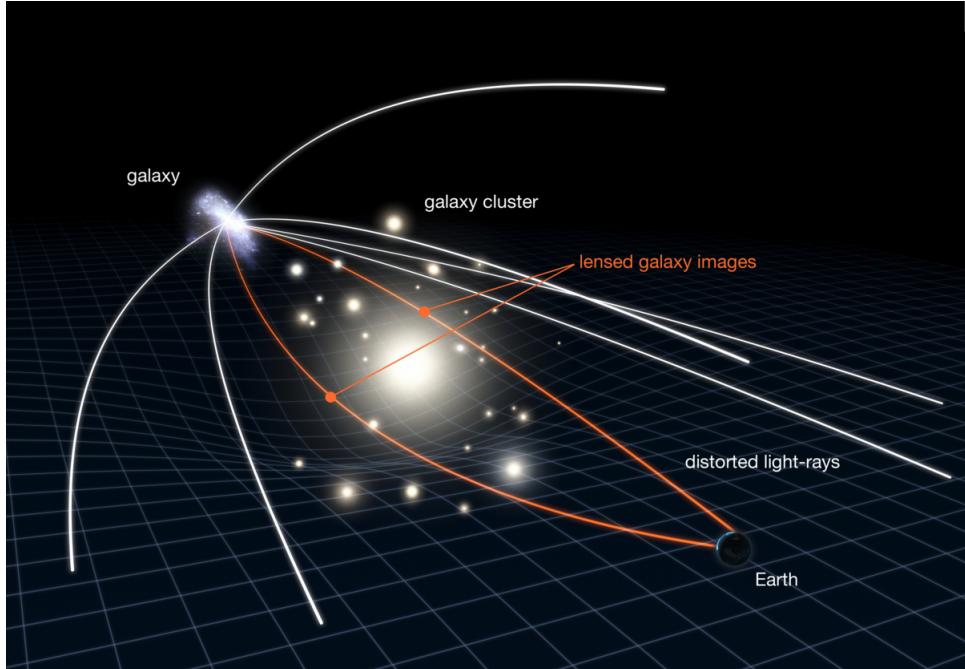
## 2.3 Buts de la mission

### 2.3.1 Cartographier l'Univers

Euclid, afin de sélectionner les informations pertinentes de l'observation va devoir se concentrer sur certaines méthodes d'observations et de pointage. Les 2 sélectionnées sont l'effet de lentille gravitationnelle et le cataloguage précis de galaxies.

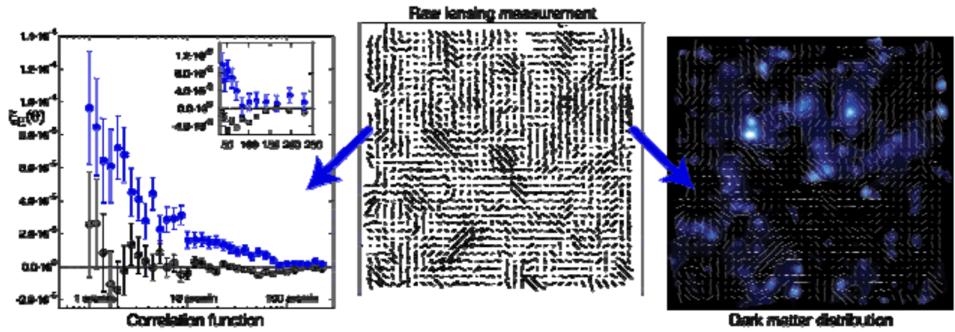
#### Effet de lentille gravitationnelle : Weak gravitational lensing

L'effet de lentille gravitationnelle est une méthode d'observation ingénieuse qui se base sur la relativité générale et la gravité. En effet, en présence d'un corps massif, les photons issus d'une source astrale ou galactique sont déviés de par leur nature corpusculaire et par la courbure de l'espace temps qu'entraîne le corps massif sur la trajectoire des photons issus de la source lointaine. En voici, une très belle illustration :



Ainsi on peut en présence d'enregistrements d'images et de détermination de distorsion de l'image, remonter directement à la fois à la masse du champ gravitationnel de matière noire mais aussi, on peut en déterminer sa distribution

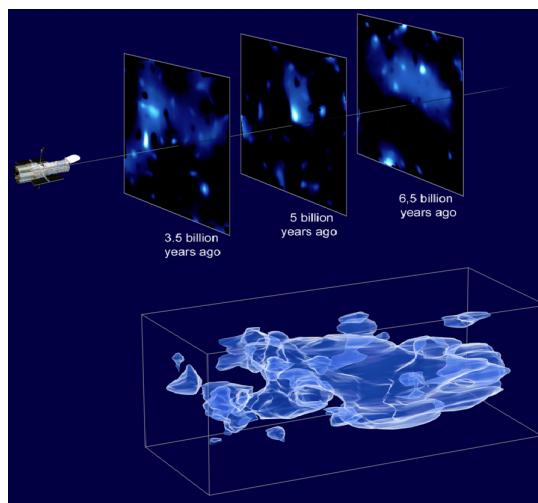
spatiale par les petites variations de distorsions présentes sur l'image. Et voici des résultats des observations de HST mettant en exergue de façon assez correcte le phénomène :



Comme vous pouvez le constater ici, la distorsion par la lentille gravitationnelle n'est qu'une représentation en 2 dimensions de la distribution de matière noire or il est nécessaire pour nous, physiciens, d'avoir une représentation tridimensionnelle de cette dernière ainsi une autre méthode complémentaire est nécessaire pour rendre compte de la profondeur radiale par rapport à l'objectif.

### Cataloguage précis des galaxies

Cette méthode est le cataloguage des galaxies par l'utilisation du redshift. En effet en mesurant le décalage spectral  $z$ , on peut retrouver la vitesse à laquelle une galaxie nous fuit et par utilisation de la loi de Hubble, on peut par conséquent trouver la distance radiale à laquelle elle se trouve, et déterminer la distribution de la matière noire de façon tridimensionnelle.

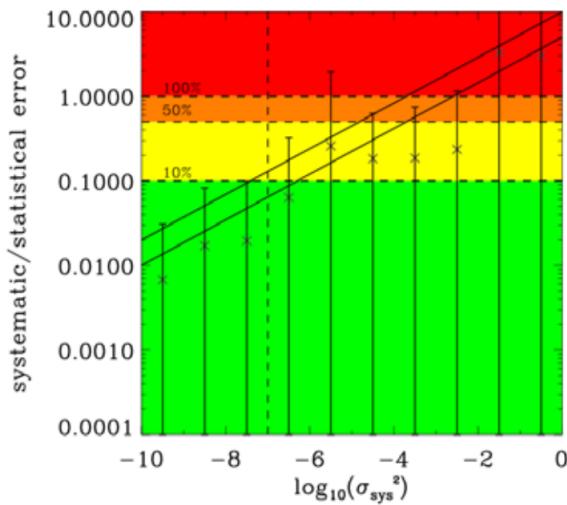


En mesurant le redshift de plus de 50 millions de galaxies compris entre  $0.7 < z < 2.1$ , on peut déterminer la distribution tridimensionnelle des galaxies de notre univers avec une très grande précision. Ces informations sont essentielles car avec l'amplitude lumineuse, la forme et l'anisotropie de cette distribution statistique, il nous est possible de remonter jusqu'à l'expansion et l'histoire de la formation des grandes structures de l'Univers.

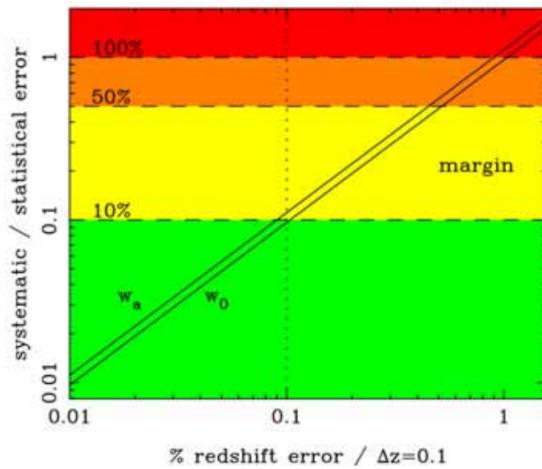
Ces 2 méthodes indépendantes couplées sont le meilleur moyen de déterminer des résultats probants.

### Erreurs caractéristiques sur les 2 méthodes observationnelles

**Erreur de la méthode de lentille gravitationnelle** La méthode de la lentille gravitationnelle est extrêmement sensible aux erreurs systématisques. Il existe deux sortes de biais l'un qui est multiplicatif  $m$ , proportionnelle au signal et l'autre  $\sigma_{sys}^2$ , additif qui est constant indépendamment du signal reçu. Sans trop rentrer dans les détails des erreurs statistiques avec l'approximation par la méthode de *Monte-Carlo*, on remarque la corrélation exponentielle entre le facteur  $\sigma_{sys}^2$  et les erreurs systématisques sur le graphique suivant :



**Erreur de la méthode de galaxy clustering** Pour l'erreur sur le cataloguage galactique, il existe une propagation des erreurs du à la dépendance de cette méthode à la mesure du redshift. Une erreur trop importante sur la détermination sur le redshift entraîne de façon irrémédiable une erreur assez linéaire dans la détermination de certaines constantes comme ici  $w_a$  et  $w_0$ , 2 paramètres en lien avec l'équation d'état de la matière noire :



### 2.3.2 Améliorer la précision des constantes

Les 2 méthodes de lentille gravitationnelle ainsi que du cataloguage de groupements de galaxies sont autant de méthodes qui ont déjà été utilisées dans des programmes spatiaux scientifiques . Qu'est ce qui caractérise Euclid comme la meilleure opportunité d'observation si d'autres programmes ont déjà basés leurs études sur des techniques d'observations similaires ?

La cosmologie est une science empirique au sens où c'est une discipline d'observation pure. Elle ne permet aucunement une participation active de l'opérateur, il ne peut reproduire une expérience dans son laboratoire. Ainsi une conséquence directe de l'empirisme de la cosmologie aboutit sur une progression scientifique par le biais de la précision sur la mesure et c'est en ce sens où Euclid révolutionne les missions spatiales précédemment entreprises.

La théorie entraîne la proposition de modèles comme  $w(a)$  ou  $f(z)$  (vue précédemment) et l'observation la plus rigoureuse permet de consolider une théorie avec ses hypothèses où tout simplement de l'infirmer.

Cette validation est donc extremement dépendante de la statistique. La mesure parfaite ne peut exister car elle est le fruit de l'homme mais il existe tout de même des moyens de réduire l'erreur sur une mesure :

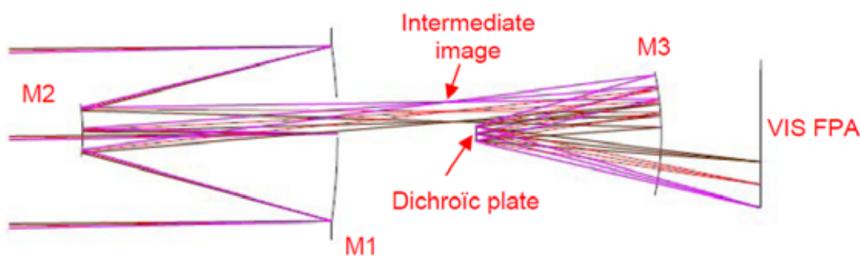
- La mesure d'une énorme population de galaxies comme le réalisera Euclid avec le Galaxy Clustering de plus de 50 millions de galaxies
- Une optimisation de plus en plus accrue des instruments de mesure
- Une réduction très rigoureuse des erreurs systématiques

Euclid remplit ces 3 critères par l'optimisation de ces instruments **NISP** et **VIS**, l'étude de la population de 50 millions de galaxies donc une très grande population et le fait qu'Euclid soit une mission spatiale ce qui réduit de façon conséquente les erreurs systématisques (voire le chapitre 2.5 " la nécessité d'une mission spatiale pour Euclid"). Voici le tableau de l'amélioration de la précision sur tous les paramètres qu'Euclid est censée étudier.

Parameter	Modified Gravity	Dark Matter	Initial Conditions	Dark Energy		
	$\gamma$	$m/eV$	$f_{NL}$	$w_p$	$w_a$	$FoM$
Euclid Primary	0.010	0.027	5.5	0.015	0.150	430
Euclid All	0.009	0.020	2.0	0.013	0.048	1540
Euclid+Planck	0.007	0.019	2.0	0.007	0.035	4020
Current	0.200	0.580	100	0.100	1.500	~10
Improvement Factor	30	30	50	>10	>50	>300

## 2.4 Appareillage de la charge utile

Avant de rentrer dans le détail de l'appareillage, on rappelle qu'Euclid est un télescope spatial. Nous allons par conséquent décrire de façon succincte les caractéristiques du télescope de type *Korsch*. Voici l'architecture générale du télescope :



Le télescope Euclid est une configuration d'un triple miroir Korsch. Le miroir  $M_1$  a un diamètre apparent de 1.2m et une longueur focale de 24.5m. Les rayons lumineux convergent vers  $M_2$  puis se réfléchissent sur  $M_3$ . Ensuite, les rayons issues de  $M_3$  se réfléchissent sur une séparatrice dichroïque où se situe **NISP** puis sont réfléchies vers l'appareil **VIS**.

#### 2.4.1 NISP : Near IR Spectrometer and imaging Photometer

Table 4.4: NISP main elements

Name	UNIT	Function
<b>NI-OMA</b>	NISP Opto-Mechanical Assembly	This holds the optical elements and the Focal Plane Array
<b>NI-GWA</b>	NISP Grism Wheel Assembly	This holds the four dispersing elements for the spectroscopic mode and it allows them to be placed in the optical beam.
<b>NI-FWA</b>	NISP Filter Wheel Assembly	This holds the three filters for the photometric mode and it allows them to be placed in the optical beam. It provides also a closed and open position.
<b>NI-CU</b>	NISP Calibration Unit	This injects calibration signal in the optical beam for calibration purposes
<b>NI-DS</b>	NISP Detector system	This system provides detection of the NIR signal in photometric and spectroscopic mode
<b>NI-WE</b>	NISP Warm Electronics	This is composed of the NI-DCU, NI-DPU and NI-ICU (see below).
<b>NI-DCU</b>	NISP Detector Control Unit	This provides the data and command interface to NI-DS and also detector acquisition and cosmic ray identification.
<b>NI-DPU</b>	NISP Data Processing Units	This provides data compression and packeting as well as the interface to S/C Mass Memory and to the NI-DCU
<b>NI-ICU</b>	NISP Instrument Control Unit	This controls the instrument, powers and controls mechanisms, provides instrument thermal control, and the command interface with NI-DPU and NI-DCU.

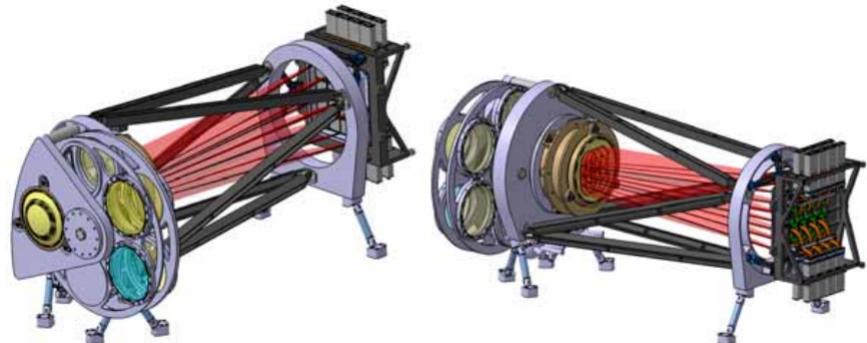


Figure 4.10: NI-OMA plus NI-DS CAD view

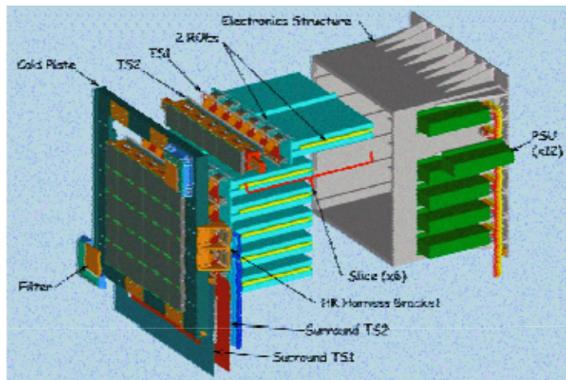
Le **NISP ou Near IR Spectrometer and imaging Photometer** est l'un des 2 appareils constituant la charge utile du satellite Euclid. Il permettra de recueillir les données dans le proche Infra rouge (entre 0.2 et 0.9  $\mu\text{m}$  de longueur d'onde). Cet appareil a des nécessités thermiques très diverses : les détecteurs doivent se situer à une température de 120K, l'électronique doit être à une température supérieure à 240K tandis que l'appareil en lui même ne doit pas dépasser une température supérieure à 140K.

Il est à la fois un outil d'acquisition d'images, utilisant des "grisms" permettant l'étude d'une même source à diverses calibrations de domaines de longueurs d'onde et un spectrophotomètre, qui détermine au sens propre avec une excellente précision les redshifts des galaxies observées.

## 2.4.2 VIS : Visible Imaging Channel

*Table 4.1: VIS functional description*

Name	UNIT	Function
<b>VI-FPA</b>	VIS Focal Plane Assembly	Detection of visible light for imaging
<b>VI-SU</b>	VIS Shutter	Close VIS optical path for read out Close VIS optical path for dark calibration
<b>VI-CU</b>	VIS Calibration Unit	Illuminate the FPA with Flat Field for calibration
<b>VI-CDPU</b>	Control and Data Processing Unit	Control Instrument Perform data processing Interface with Spacecraft for data handling
<b>VI-PMCU</b>	Power and Mechanism Control Unit	Control Units
<b>VI-FH</b>	Flight Harness	Connection of units



Le **VIS ou Visible Imaging Channel** est le second outil d'observation du satellite. Il permet d'étudier les distorsions d'images qu'entraînent la matière (noire) dans la courbure des trajectoires des photons issues de la même source. Le plan focal du VIS est composé de 6 x 6 CCDs avec des pixels de  $12 \mu\text{m}$  (CCD de base e2v CCD203-82 avec un conditionnement optimisé pour les espaces dans le champ de vue) qui couvrent le champ de vue visible de  $0,5 \deg^2$ . Les CCDs sont de type plein cadre de  $4096 \times 4096$  pixels. Les dimensions de ce plan focal d'environ 600 millions de pixels sont d'environ  $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ . Les détecteurs sont maintenus à une température proche de  $150 \text{ K}$ .

## 2.5 Nécessité d'une mission spatiale pour Euclid

Pourquoi Euclid doit nécessairement être une mission spatiale plutôt qu'une mission terrestre ? Voici les raisons qui paraîtront peut être anodines :

- Un champ de vision le plus vaste possible : La Terre malheureusement pour l'étude de différentes galaxies occulte une très grande partie du ciel.
- Une haute résolution des images : Ceci est possible pour une zone de vision qui admet un indice optique constant et qui n'émet pas une source d'erreur supplémentaire pouvant déranger le VIS dans son étude de la distorsion des images.
- Une accessibilité pratique aux longueurs d'onde de proche Infra Rouge : Des conditions thermiques sont nécessaires pour limiter le bruit lorsque l'on fait des acquisitions dans cette gamme de longueurs d'ondes. De plus, l'absence d'atmosphère supprime une source d'erreur systématique.
- Une observation dans des conditions homogènes entre différentes séries de mesures : L'espace au point L2 par une exposition minimale aux radiations solaires ainsi qu'une température ne subissant que d'infimes variations est un lieu d'observation idéale. De plus, Euclid possède d'énormes panneaux réfléchissants et grâce au contrôle d'attitude, se positionne de façon optimale pour ne subir aucune variation de température et par conséquent, ne subit aucun ajout d'erreurs systématiques supplémentaires.

## 2.6 Conclusion

La mission Euclid n'ayant pas encore abouti aux résultats escomptés ne peut donner de lieu à des conclusions. Cependant, par l'apport qu'apportera cette mission, tant par ses résultats, que par la créativité mis en oeuvre à sa conception, on peut affirmer quelle changera la vision que l'on a de l'Univers dans lequel on se trouve.

Planck et WMAP ont révolutionné de façon successive en prenant la "photo" de l'univers à son état de "nourrisson" mais n'a pas permis encore d'en comprendre sa conception. Euclid, par son immense recueil de données et sa précision encore jamais égalée transcende le domaine de la cosmologie, il révolutionnera la physique fondamentale toute entière. Il donnera du grain à moudre à l'ensemble de la communauté scientifique pendant des années après sa fin de mission.

Mais l'apport fondamental de ce chef d'oeuvre de l'humanité n'en est pas moindre. Il nous permettra peut être ou du moins fera avancer les discussions sur les 95% de matière non baryonique qui compose l'univers, nous permettra peut être tout autant de donner un nouveau sens à la relativité générale.